(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4987189号
(P4987189)

(45)発行日　平成24年7月25日(2012.7.25)　(24)登録日　平成24年5月11日(2012.5.11)

| (51)Int.Cl. | | F I | | |
|---|---|---|---|---|
| ***H01L 21/285*** | ***(2006.01)*** | H01L | 21/285 | C |
| ***H01L 21/28*** | ***(2006.01)*** | H01L | 21/285 | 301 |
| ***H01L 29/423*** | ***(2006.01)*** | H01L | 21/28 | 301R |
| ***H01L 29/49*** | ***(2006.01)*** | H01L | 29/58 | G |
| ***H01L 29/78*** | ***(2006.01)*** | H01L | 29/78 | 301G |

請求項の数 3　(全 10 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2001-7746(P2001-7746)
(22)出願日　平成13年1月16日(2001.1.16)
(65)公開番号　特開2001-250794(P2001-250794A)
(43)公開日　平成13年9月14日(2001.9.14)
審査請求日　平成20年1月16日(2008.1.16)
(31)優先権主張番号　09/487472
(32)優先日　平成12年1月19日(2000.1.19)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　504199127
フリースケール　セミコンダクター　インコーポレイテッド
アメリカ合衆国　テキサス州　７８７３５　オースティン　ウィリアム　キャノン　ドライブ　ウエスト　６５０１
(74)代理人　100116322
弁理士　桑垣　衛
(72)発明者　フィリップ・ジェイ・トビン
アメリカ合衆国　テキサス州　７８７５９　オースチン　ウィンダーミア・メドウズ　１１４１０

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体装置を形成するためのプロセス

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
半導体装置を形成するためのプロセスであって、
　半導体基板（１０）の上に絶縁層（１４）を形成する段階、
　前記絶縁層（１４）の上にアモルファス金属含有層（２２）を形成する段階であって、前記アモルファス金属含有層（２２）は六フッ化タングステンガスとシランガスとから形成され、かつ、シランガス：六フッ化タングステンガスが１．５：１～３：１の流量比で使用される段階、および
　前記アモルファス金属含有層（２２）の上に結晶金属含有層（４２）を形成する段階を具備することを特徴とする半導体装置を形成するためのプロセス。
【請求項２】
前記絶縁層（１４）はさらにゲート誘電体層（１４）として特徴付けられ、かつ
　前記アモルファス金属含有層（２２）および前記結晶金属含有層（４２）の組み合わせはゲート電極層の一部を形成することを特徴とする請求項１に記載のプロセス。
【請求項３】
さらに、前記絶縁層（１４）を形成した後かつ前記アモルファス金属含有層（２２）を形成する前に、高融点金属窒化物層およびシリコン層からなるグループから選択された中間層を形成することを特徴とする請求項２に記載のプロセス。
【発明の詳細な説明】
【０００１】

【発明の属する技術分野】
本発明は一般的には半導体装置に関し、かつより特定的には半導体装置を形成するためのプロセスに関する。
【０００２】
【従来の技術】
より小さな半導体装置はより高い性能の半導体トランジスタを作成するために新しい材料が使用されることを要求する。中心となる２つの分野は高ｋ（ｈｉｇｈ－ｋ）ゲート誘電体材料および金属ゲートを使用することを含む。金属電極として使用するために中バンドギャップ・レベル（Ｍｉｄ－ｂａｎｄ　ｇａｐ　ｌｅｖｅｌ）の材料が研究されている。これらの金属ゲートのために研究されている材料はチタン、タンタルおよびタングステン化合物のような高融点金属（ｒｅｆｒａｃｔｏｒｙ　ｍｅｔａｌｓ）を含む。タングステンはそれが典型的には六フッ化タングステン（$WF_6$）および水素分子（$H_2$）ガスの反応によって形成される点において問題を有する。該反応の間に、かなりの量のフッ素が膜内に、該膜が被着される時に、導入される。ウェハーがさらに処理されると、フッ素はタングステンを離れかつゲート誘電体内に拡散することができる。ゲート誘電体においては、フッ素はゲート誘電体の品質を低下させかつその誘電率を低下させる可能性がある。高ｋのゲート誘電体が使用されるべき装置においては、フッ素は高ｋゲート誘電体の効果を妨げることになる。さらに、二酸化シリコンゲートが使用されても、前記膜の実効誘電率は低減されかつゲート電極と下に横たわる半導体基板との間の容量結合の量を低下させる。$WF_6$および$H_2$の反応を使用することに伴う他の問題は、あまりにも多くのフッ素が、形成されるトランジスタに対するより高いリーケージ電流に加えて、酸化物層と金属層との間の接着問題を生じる可能性があることである。
【０００３】
【発明が解決しようとする課題】
いくつかの高融点金属窒化物の使用は、それら自体により、前記フッ素の浸透を阻止するには不十分である可能性がある。例えば、もし典型的な窒化チタン層が伝統的に形成されるタングステン層によって覆われれば、フッ素は依然としてその後のアニール工程の間に窒化チタンを通って浸透し同様の問題を生じる可能性がある。
【０００４】
金属ゲート材料の物理蒸着（Ｐｈｙｓｉｃａｌ　ｖａｐｏｒ　ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ：ＰＶＤ）は良好な解決方法でない可能性がある。物理蒸着の間に、典型的には、プラズマが発生される。スパッタリングプロセスの間に、ゲート誘電体は損傷されあるいは実際にゲート誘電体のいくらかが除去される可能性がある。したがって、金属ゲートに対するＰＶＤは典型的には好ましくない。カルボニル源（ｃａｒｂｏｎｙｌ　ｓｏｕｒｃｅ）（例えば、$W(CO)_6$）からの化学蒸着はカーボンの汚染による問題を有する。
【０００５】
【課題を解決するための手段】
本発明の一態様によれば、半導体装置を形成するためのプロセスが提供され、該プロセスは、半導体基板（１０）の上に絶縁層（１４）を形成する段階、前記絶縁層（１４）の上にアモルファス金属含有層（２２）を形成する段階、および前記アモルファス金属含有層（２２）の上に結晶金属含有層（４２）を形成する段階、を具備することを特徴とする。
【０００６】
本発明の別の態様によれば、半導体装置を形成するためのプロセスが提供され、該プロセスは、半導体基板（１０）の上にゲート誘電体層（１４）を形成する段階、前記ゲート誘電体層（１４）の上にアモルファス金属含有層（２２）を形成する段階、および前記アモルファス金属含有層（２２）の上に結晶金属含有層（４２）を形成する段階であって、前記アモルファス金属含有層（２２）および前記結晶金属含有層（４２）の組み合わせはゲート電極の一部を形成する前記段階、を具備することを特徴とする。
【０００７】
本発明のさらに別の態様によれば、半導体装置のゲート電極を形成するためのプロセスが

提供され、該プロセスは、半導体基板（１０）の上にゲート誘電体層（１４）を形成する段階、前記ゲート誘電体層（１４）の上にアモルファス金属含有層（２２）を形成する段階であって、前記アモルファス金属含有層（２２）は六フッ化タングステンの前駆物質ガスおよびシランの前駆物質ガスを使用して形成され、かつ六フッ化タングステンに対するシランのガス流量比はほぼ３：１より小さい前記段階、および前記アモルファス金属含有層（２２）の上に結晶金属含有層（４２）を形成する段階であって、前記結晶金属含有層はタングステンを含む前記段階、を具備することを特徴とする。

【０００８】

本発明のさらに別の態様によれば、導電構造を形成するためのプロセスが提供され、該プロセスは、金属含有前駆物質ガスを流す段階、およびスカベンジャーガスを流す段階、を具備し、

前記金属含有前駆物質ガスおよび前記スカベンジャーガスは少なくとも一時点の間に同時に流れ、アモルファス金属含有層（２２）が形成されかつ前記アモルファス金属含有層（２２）は前記スカベンジャーガス内のいずれかの元素をほぼ１０パーセントより少なく含む、ことを特徴とする。

【０００９】

本発明のさらに別の態様によれば、導電構造を形成するためのプロセスが提供され、該プロセスは、金属含有前駆物質ガスを流す段階であって、該金属含有前駆物質ガスは高融点金属元素、ハロゲン原子、および炭素原子の内の少なくとも１つを含む前記段階、およびスカベンジャーガスを流す段階であって、該スカベンジャーガスは半導性元素、窒素および酸素の内の少なくとも１つを含む前記段階、を具備し、

前記金属含有前駆物質ガスおよび前記スカベンジャーガスは少なくとも一時点の間に同時に流れ、アモルファス金属含有層（２２）が形成されかつ前記アモルファス金属含有層（２２）は前記スカベンジャーガス内のいずれかの元素をほぼ１０パーセントより少なく含む、ことを特徴とする。

【００１０】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して本発明の実施形態につき説明する。本発明は実例によって説明され、同様の要素を示すために同じ参照数字が使用されている添付の図面によっては制限されない。また、当業者は図面における各要素は簡略化されかつ明瞭になるよう図示されており、必ずしも比例した尺度で描かれていないことを理解するであろう。例えば、図面におけるいくつかの要素の寸法は他の要素に対して誇張されており本発明の実施形態の理解を容易にしている。

【００１１】

本発明においては、半導体装置および導電構造が金属層を備えて形成できる。一実施形態では、半導体装置はアモルファス金属層および結晶金属層を含む。前記アモルファス金属層は前記アモルファス金属層を通って汚染物が浸透する可能性を低減することを助ける。前記アモルファス金属層の上により導電性の結晶金属層が形成され抵抗率を比較的低く保つことを助けることができる。導電構造を形成する場合、金属含有ガスおよびスカベンジャー・ガス（ｓｃａｖｅｎｇｅｒｇａｓ）が少なくとも一時点の間に同時に流れる。前記導電構造はゲート電極の一部とすることができる。本発明は添付の特許請求の範囲によって規定されかつ以下の実施形態の説明からよりよく理解できる。

【００１２】

図１は、半導体装置基板１０の一部の断面図である。本明細書において使用されている、半導体装置基板は、単結晶半導体ウェハー、セミコンダクタ・オン・インシュレータ・ウェハー、化合物半導体ウェハー（例えば、シリコン－ゲルマニウム・ウェハー、シリコン－ゲルマニウム－カーボン・ウェハー）、または半導体装置を形成するために使用される任意の他の基板を含む。フィールドアイソレーション領域１２が前記基板１０内に形成される。ゲート誘電体層１４が次に前記基板１０の上に形成される。この特定の実施形態においては、ゲート誘電体層１４は二酸化シリコン、窒化シリコン、シリコン・オキシナイ

トライド（ｓｉｌｉｃｏｎ　ｏｘｙｎｉｔｒｉｄｅ）その他を含む伝統的なゲート誘電体材料を含むことができ、あるいは二酸化チタン、五酸化タンタル、ストロンチウムチタニウムオキサイド（ｓｔｒｏｎｔｉｕｍ　ｔｉｔａｎｉｕｍ　ｏｘｉｄｅ）または他の高ｋゲート誘電体材料を含むことができる。本明細書の説明のために、高ｋゲート誘電体は少なくともほぼ１０の誘電率を有する材料とされる。

【００１３】

アモルファス金属層２２が次に、図２に示されるように、前記ゲート誘電体層１４の上に形成される。この被着またはデポジション（ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）の間に、少なくとも２つのガスが使用される。一方のガスは金属元素を含みかつ他方のガスは半導性元素を含む。ここで使用されている、半導性元素（ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｉｖｅ　ｅｌｅｍｅｎｔ）はシリコン、ゲルマニウム、その他を含むＩＶＡ族元素の内の任意のものを含む。前記第１のガスはタングステン含有、チタン含有、またはタンタル含有化合物を含むことができる。例として、金属ハロゲン化物（ｍｅｔａｌ　ｈａｌｉｄｅｓ）（例えば、六フッ化タングステン（$WF_6$）、四塩化チタン（$TiCl_4$）その他）、タングステン・カルボニル（$W(CO)_6$）、タンタル含有化合物および典型的にはタングステン、チタン、タンタル、ハフニウム、ジルコニウム、アルミニウムその他を含む種々の金属有機化合物がある。前記金属ゲートはこれら特定の金属に限定されるものではない。しかしながら、典型的には高融点金属が使用され、それはそれらが他の金属と比較して比較的高い温度にさらすことができるためである。

【００１４】

前記第２のガスは典型的には「スカベンジング（ｓｃａｖｅｎｇｉｎｇ）」ガスまたはスカベンジャーガスを含む。スカベンジングガスまたは純化ガスは金属原子（単数または複数）に付着した原子団または基（ｇｒｏｕｐｓ）を中性化するのを助ける。例えば、もし前記金属原子に付着した基がハロゲン化物（Ｆ，Ｃｌ，ＢｒまたはＩ）であれば、前記スカベンジングガスは典型的には半導性元素または窒素を含む。これらの例は、シラン、ジクロロシラン、種々のクロロシラン、ジシラン、ゲルマン（ｇｅｒｍａｎｅ）および種々の他のゲルマニウム含有またはシリコン含有化合物を含む。もし前記金属原子（単数または複数）に付着した基が有機物（例えば、カルボニル基）であれば、前記スカベンジングガスは典型的には酸素を含む。前記スカベンジングガスは金属原子に有機物基が付着する場合には半導性元素または窒素を含むことができる。したがって、半導性元素、窒素および酸素のほぼ任意の組み合わせを前記スカベンジングガス内で使用することができる。

【００１５】

前記アモルファス金属層２２の形成の間において、金属プレカーサまたは前駆物質（ｐｒｅｃｕｒｓｏｒ）はスカベンジングガスから元素を多く導入することなしにアモルファス金属層を形成するためのものである。もしあまりにも多くの半導性元素が膜内に導入されると、それはシリサイド層を形成し、これは２つの害を与える可能性がある。１つはシリコンが金属酸化物ゲート誘電体内の酸素と反応して前記金属酸化物の一部をシリコン酸化物に変える可能性が高くなることである。これは誘電体材料の誘電率を低下させるので望ましくない。明らかに、もしゲート誘電体層がシリコン含有化合物のみを含んでいれば、これは問題にはならないであろう。しかしながら、ゲート誘電体材料にかかわりなく、もしあまりにも多くのシリコンが存在すれば、タングステンシリサイド層が生じる結果となりかつタングステンよりほぼ１０倍高い抵抗率を有することになる。したがって、十分な半導体ガスが加えられて対応するシリサイド層の形成なしに前記金属層がアモルファス状態において形成できるようにする。

【００１６】

酸素含有ガスを使用する場合にも同様の推論ができる。もし$W(CO_6)$がアモルファス金属層２２のために使用されれば、カルボニル基を酸化するために十分な酸素が加えられるが、あまりにも多くの酸素がタングステンに導入されまたはタングステンを酸化するほど多くはされない。スカベンジングガス内の原子にかかわらず、アモルファス金属層２２はスカベンジングガス内のいずれの元素もほぼ１０重量パーセントより多く有するべきで

はない。典型的には、それはスカベンジングガス内の任意の元素をほぼ１重量パーセントより少なく有するであろう。

【００１７】

１つの特定の例では、前記アモルファス金属層２２は$WF_6$およびシラン（$SiH_4$）を使用して形成できる。前記ガス内の金属原子に対する半導性原子の比率はほぼ３：１より大きくないようにすべきである。すなわち、例えば、半導性元素材料の３つより多くない原子に対してタングステンの原子１つとなる。典型的には、前記比率は金属原子１つ当たり少なくとも１．５の半導性原子となる。相対ガス流量（ｆｌｏｗ　ｒａｔｅｓ）は種々のガス内にどれだけ多くの半導性または金属原子があるかによって影響される。例えば、もし六フッ化タングステンおよびシランが使用されれば、シランは六フッ化タングステンの流量よりもほぼ２．５倍高い流量で流れることができる。しかしながら、もしジシランが使用されれば、ジシランの流量はほぼ六フッ化タングステンの流量よりも１．２５倍高くなり、それはジシランはジシランの分子ごとに２つのシリコン原子を有するからである。

【００１８】

アモルファス金属層を形成するために使用される実際の動作条件は使用される反応装置に依存する。例えば、アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サンタ・クララの、アプライド・マテリアルズ・インコーポレイテッド（Ａｐｐｌｉｅｄ　Ｍａｔｅｒｉａｌｓ，Ｉｎｃ．）からの装置（ｔｏｏｌ）上のセンチュラ（Ｃｅｎｔｕｒａ$^{TM}$）チェンバであれば、前記金属含有種（ｍｅｔａｌ－ｃｏｎｔａｉｎｉｎｇ　ｓｐｅｃｉｅｓ）のガス流量は典型的にはほぼ毎分１００標準立方センチメートル（ｓｃｃｍ）より高くない。前記反応装置の圧力は典型的にはほぼ１０トール（ｔｏｒｒ）より高くなく、かつ被着または堆積温度は典型的にはほぼセ氏３００～６００度の範囲である。より典型的には、前記被着の温度はほぼセ氏３５０～４００度の範囲にある。アモルファス金属層２２を直接ゲート誘電体層１４の上に形成する場合、典型的にはプラズマは使用されず、それは下に横たわるゲート誘電体層１４の一部を除去しまたは損傷する可能性があるためである。しかしながら、もしアモルファス金属層２２が厚い絶縁層の上にまたは他の金属含有層の上に形成されれば、プラズマを使用することができる。もしプラズマが使用されれば、電力は直径２００ミリメートルの基板に対してほぼ２００～５００ワットの範囲とすることができる。前記電力は部分的には処理されている基板の表面積に依存する。しかしながら、当業者は適切な基板寸法に対してどのようにプラズマ電力を調整するかは理解するであろう。

【００１９】

もし前記アモルファス金属層が窒化タングステン（ＷＮ）のような高融点金属窒化物であれば、窒素含有ガスが典型的には使用される。例えば、窒化タングステンの形成を助けるため窒素分子（$N_2$）が六フッ化タングステンおよびシランと共に導入される。必ずしも必要なものではないが、当業者はアンモニアガス（$NH_3$）を用いることを避けることを望むかもしれず、その理由はこれが反応の間にアンモニウム塩を形成する可能性があるためである。亜酸化窒素（ｎｉｔｒｏｕｓ　ｏｘｉｄｅ：$N_2O$）または酸化窒素（ｎｉｔｒｉｃ　ｏｘｉｄｅ：ＮＯ）を含む他の窒素含有ガスも使用できるであろう。さらに他の例では、アモルファスＴｉＮ層は$TiCl_4$，$N_2$および$SiH_4$を使用して形成できる。

【００２０】

前記アモルファス金属層２２は複数の異なる膜を含むことができる。例えば、アモルファスＴｉＮ膜はトランジスタの仕事関数を確立または規定することができかつアモルファスタングステン膜によって覆うことができる。前記アモルファス金属層２２の合計の厚さは一般にほぼ２～２０ナノメートルの範囲内にある。

【００２１】

前記アモルファス金属層２２を形成した後に、それは図３に示される表面２４を有する。図３は該表面の走査電子顕微鏡の分析結果を示している。層２２は本質的にアモルファスまたは非晶質であるから、該層は比較的なめらかな表面を有することが分かる。層２２は

アモルファスと称されるが、いくらかのナノ結晶（ｎａｎｏｃｒｙｓｔａｌｓ）が形成される可能性があり、それでも該層の支配的な特性は依然としてそれが本質的にアモルファス層としてふるまうものとなる。

【００２２】

処理は、図４に示されるようにゲート積層体（ｇａｔｅ　ｓｔａｃｋ）の一部である他の層を被着することで続けられる。伝統的な多結晶金属層４２が次に前記アモルファス金属層２２の上に形成される。この特定の実施形態では、前記結晶金属層はタングステンでありこれは六フッ化タングステンと水素を使用した反応によって形成される。下に横たわる層の形成とは異なり、シリコン含有または他の半導性元素を含むガスはその形成において使用されない。形成される層の厚さは装置に対する電気的要求および他の幾何学的要求によって決定される。典型的には、層４２の厚さは通常ほぼ２０～１５０ナノメートルの範囲にある。結晶金属層４２は図５において概略的に示される表面４４を有している。層４２は構造上実質的に結晶であるから、その表面は図３に見られるものよりも荒い。

【００２３】

層４２を形成した後、反射防止層（ａｎｔｉ－ｒｅｆｌｅｃｔｉｖｅ　ｌａｙｅｒ）４６が次に、図４に示されるように、面４４上に形成される。反射防止層４６は典型的には絶縁体でありかつ窒化シリコン、シリコンリッチ（ｓｉｌｉｃｏｎ－ｒｉｃｈ）窒化シリコン、あるいはもしそれが導体であれば、それは窒化チタン、チタンリッチ（ｔｉｔａｎｉｕｍ－ｒｉｃｈ）窒化チタン、その他を含むことができる。２つの層２２および４２の間の特性は前記アモルファス金属層が少なくともほぼ３００マイクロオーム・センチメートルである抵抗率を持つことができるものである。結晶金属層４２はアモルファス金属層２２よりもかなり低い抵抗率を有する。例えば、結晶金属層４２はほぼ１０マイクロオーム・センチメートルの抵抗率を持つことができる。これらはタングステンに関して特定的に説明されているが、もし他の材料が使用されれば同様の抵抗率比を見ることができる。さらに、結晶金属層４２を形成する場合、アモルファス金属層２２は金属結晶層４２の拡散率より少なくともほぼ１０倍低いフッ素拡散率を持つであろう。または、金属結晶層４２はアモルファス金属層２２の拡散率より少なくともほぼ１０倍高いフッ素拡散率を持つであろう。他のハロゲン、ホウ素、炭素その他によっても同様の効果をみることができる。

【００２４】

前記各層を形成した後、前記各層は次にパターニングされて図６に示されるようにゲート積層体（ｇａｔｅ　ｓｔａｃｋ）６０を形成する。このエッチングは層２２，４２および４６を通って延びる。側壁スペーサ６２がゲート積層体６０の縦方向のまたは垂直のエッジに隣接して形成される。半導体基板内にドーピングされた領域６４が形成されかつ典型的にはスペーサ６２の形成の前に、後に、または前と後の双方に形成される。ドーピングされた領域６４は典型的には立方センチメートル当たり少なくとも１Ｅ１９原子のドーピング濃度を有し図６に示されるようにトランジスタのためのソースおよびドレイン領域となるドーピングされた領域に対してオーミック・コンタクトが形成できるようにする。

【００２５】

処理は図７に示されるように続けられる。第１の層間誘電体（ｉｎｔｅｒｌｅｖｅｌ　ｄｉｅｌｅｃｔｒｉｃ：ＩＬＤ）層７２がゲート構造およびゲート基板の上に形成される。第１のＩＬＤ層は、酸化物、窒化物、オキシナイトライド、低ｋ、または他の材料のような、絶縁材料の１つまたはそれ以上の層を含むことができる。第１のＩＬＤ層７２はパターニングされてコンタクト開口７４を規定する。コンタクトプラグ構造が次に該開口内に形成されかつ接着／障壁膜（ａｄｈｅｓｉｏｎ／ｂａｒｒｉｅｒ　ｆｉｌｍ）７６および導電性充填材料７８を含む。１つの特定の実施形態では、前記接着／障壁層はチタン／窒化チタン膜でありかつ前記導電性充填材料はタングステンである。導電性プラグ構造のために他の材料を使用することもできる。

【００２６】

処理は図８に示すように実質的に完成した装置を形成するために続けられる。図８は接着／障壁膜８２および導電性充填材料８４を含む。１つの特定の実施形態では、前記接着／

障壁膜８２はタンタル、窒化タンタル、あるいは他の高融点金属または高融点金属窒化物を含む。前記導電性充填材料８４は主にアルミニウム、タングステンまたは銅を含むことができる。少しの量のドーパントを前記導電性充填材料８４に加えてそのエレクトロマイグレイションまたは他の悪影響に対する耐性を増大することができる。パッシベイション層８６が次に相互接続の最上部の上に形成されて装置の形成を完了する。前記パッシベイション層８６は酸化物、窒化物、オキシナイトライド（ｏｘｙｎｉｔｒｉｄｅ）その他のような、１つまたはそれ以上の絶縁材料の層を含むことができる。

【００２７】

図１～図８に示される実施形態は複数の層を被着しかつ次にエッチングすることによって形成されたゲート構造を含んでいる。あるいは、前記ゲート構造ははめ込まれた（ｉｎｌａｉｄ）ゲート構造を含むことができる。

【００２８】

説明されなかったが、前記層２２および４２はアニールしてもよくあるいはアニールしなくてもよい。さらに、該アニールはアモルファス導電層２２、結晶導電層４２を形成した後に、前記反射防止層４６の後に、あるいは何らかの他の引き続く処理工程において行なうことができる。膜内の応力が問題であれば、前記アニールは応力が高くなり過ぎる前に行なう必要があろう。

【００２９】

さらに別の実施形態では、異なる層を直接前記ゲート誘電体層の上に形成することができる。例えば、一実施形態では、前記アモルファス導電層２２が形成される前に窒化チタンまたはシリコン層を前記ゲート誘電体の上にかつ前記ゲート誘電体と直接接触して形成することができる。アモルファス導電層２２は前記結晶導電材料４２の前に形成されるから、結晶導電層４２からのフッ素は窒化チタンまたはシリコン層と大きく影響を与え合うことはなくあるいは窒化チタンまたはシリコン層を通過することはないであろう。

【００３０】

本発明の実施形態はゲート誘電体膜の誘電率を低下させること、接着に関連する問題を有すること、またはリーケージ電流の問題を引き起こすことのようなフッ素に関連する問題を生じにくい金属ゲートを有するゲートスタックまたはゲート積層体が形成できるようにする。本発明の実施形態は上に横たわる金属のより大きな柔軟性を可能にし、それによってフッ素からの悪影響を受けることなく依然として望ましい特性を有する低い抵抗率のゲート電極が形成できるようにする。前記膜をアニールした後でさえも、結晶金属層４２からのフッ素はアモルファス導電層を通って拡散することはほとんどない。したがって、形成された構造は被着の際のより少ないフッ素という利点を有するのみならず、上の膜からのフッ素が下に横たわるゲート誘電体または他の敏感な膜に対して問題を与えることはない。示された実施形態は１つのアモルファス膜および１つの結晶膜のみを含んでいるが、前記膜は積層して数多くの異なるアモルファスおよび結晶膜の複合体を形成することができる。例えば、ある膜はアモルファス結晶アモルファス（ａｍｏｒｐｈｏｕｓ　ｃｒｙｓｔａｌｌｉｎｅ　ａｍｏｒｐｈｏｕｓ）を含むことができあるいはそれはアモルファス／結晶／アモルファス／結晶、その他を含むことができる。層２２および４２のエッチングおよび研磨特性は伝統的なタングステンのエッチングまたは研磨と同じである。したがって、装置のエッチングまたは研磨特性の変化はないことが予期される。

【００３１】

上記説明においては、本発明が特定の実施形態に関連して説明された。しかしながら、当業者は添付の特許請求の範囲に記載された本発明の範囲から離れることなく種々の修正および変更を行なうことができることを理解するであろう。したがって、本明細書および図面は制限的な意味ではなく例示的なものとみなされるべきであり、かつ全てのそのような変更は本発明の範囲内に含まれるものと考える。

【００３２】

利益、他の利点、および問題に対する解決方法は上においては特定の実施形態に関連して説明されている。しかしながら、前記利益、利点、問題に対する解決方法、および何らか

の利益、利点または解決方法を生じさせるまたはより顕著になるようにする何らかの要素（単数または複数）はいずれかのまたは全ての請求項の決定的な、要求される、または必須の特徴または要素と考えられるべきではない。ここで使用される、用語「具備する（ｃｏｍｐｒｉｓｅｓ）」、「具備する（ｃｏｍｐｒｉｓｉｎｇ）」またはそれらの何らかの変形は非排他的な包含を意味するものと考えられ、従って要素のリストを具備するプロセス、方法、物、または装置はこれらの要素のみを含むのではなく、明確に示されていないまたはそのようなプロセス、方法、物または装置に固有の他の要素を含むことができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】ゲート誘電体層を形成した後の半導体装置基板の一部を示す断面図である。

【図２】アモルファス金属層を形成した後の図１の基板を示す断面図である。

【図３】図２において形成されるアモルファス金属層の頭部面を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図４】結晶金属層およびキャッピング層を形成した後の図２の基板を示す断面図である。

【図５】図４において形成される結晶金属層の頭部面を示す図面代用顕微鏡写真である。

【図６】電界効果トランジスタを形成した後の図４の基板を示す断面図である。

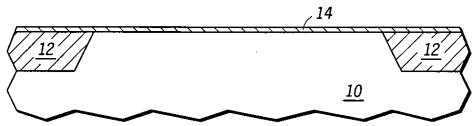
【図７】層間誘電体層およびコンタクト構造を形成した後の図６の基板を示す断面図である。

【図８】実質的に完成した装置を形成した後の図７の基板を示す断面図である。

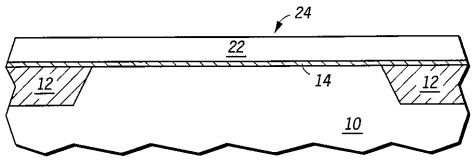
【符号の説明】

１０　半導体装置基板
１２　フィールドアイソレーション領域
１４　ゲート誘電体層
２２　アモルファス金属層
２４　アモルファス金属層２２の表面
４２　多結晶金属層
４４　多結晶金属層４２の表面
４６　反射防止層
６０　ゲート積層体
６２　側壁スペーサ
６４　ドーピングされた領域

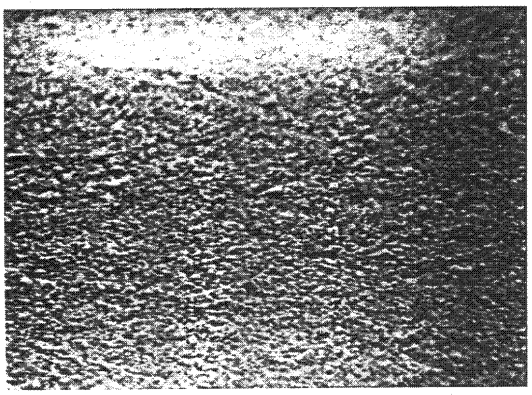
【図１】



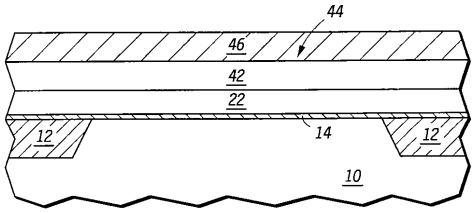

【図２】



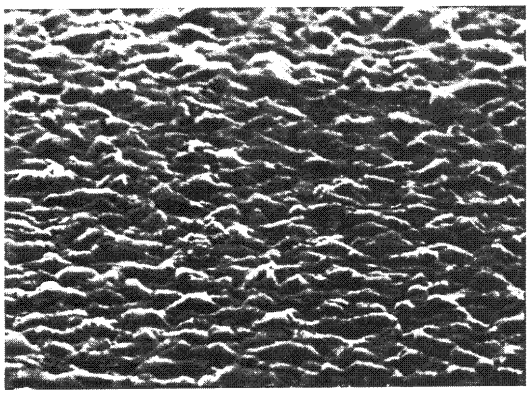

【図３】



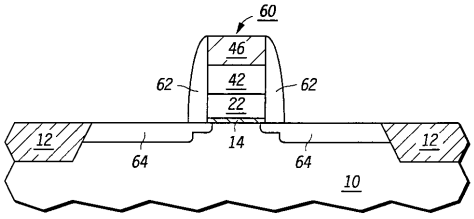
【図４】



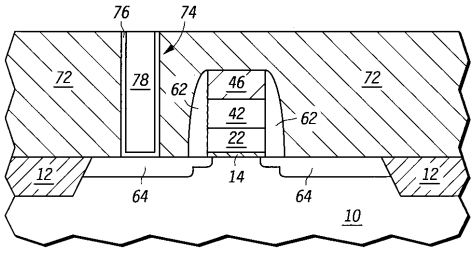

【図５】



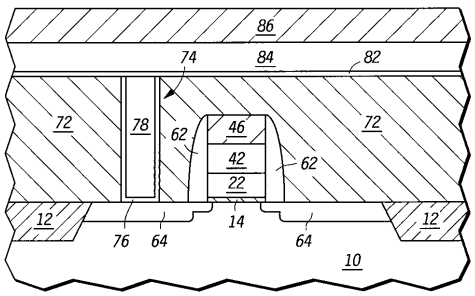
【図６】




【図７】




【図８】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
*H01L 21/336 (2006.01)* C23C 16/08
*C23C 16/08 (2006.01)*

(72)発明者 オルバンミ・アデツツ
アメリカ合衆国 テキサス州 ７８７２９ オースチン パートリッジ・ベンド１２９１９
(72)発明者 バイカス・マイティ
アメリカ合衆国 テキサス州 ７８７５９ オースチン ジョリーヴィル・ロード１１５０ ＃２１２３

審査官 早川 朋一

(56)参考文献 特開平０９－０６４０４４（ＪＰ，Ａ）
特表平０９－５０９２８８（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－００１７７４（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１２９３００（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１２５６１７（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２３３４５１（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２３８７３６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
H01L 21/28-21/288
H01L 21/44-21/445
H01L 29/40-29/51
H01L 21/3205-21/3215
H01L 21/768
H01L 23/52
H01L 23/522-23/532
H01L 29/78
H01L 21/336
C23C 16/00-16/56